



Docket No. P7448US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

**DHL EXPRESS 552 3246 864**

In the application of: Christoph Hemming et al.  
Serial Number: 10/709,043  
Filing Date: 4/8/2004  
Title: Machine for Machining Workpieces, Especially Crankshafts  
and Camshafts, with at Least One Internal Cutter Milling  
Tool

**Commissioner for Patents  
Alexandria, VA 22313-1450**


**REQUEST TO GRANT PRIORITY DATE**

Pursuant to 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, applicant herewith claims priority of  
the following **German** patent application(s):

103 17 318.8 filed 4/11/2003.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted August 5, 2004,

  
\_\_\_\_\_  
Ms. Gudrun E. Huckett, Ph.D.  
Patent Agent, Reg. No. 35,747  
Lönsstr. 53  
42289 Wuppertal  
GERMANY  
Telephone: +49-202-257-0371  
Telefax: +49-202-257-0372  
gudrun.draudt@t-online.de

GEH/Enclosure: German priority document(s) DE10317318.8

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 17 318.8

**Anmeldetag:** 11. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH,  
72622 Nürtingen/DE

**Bezeichnung:** Maschine zur Bearbeitung von Werkstücken,  
insbesondere von Kurbel- und Nockenwellen, mit  
mindestens einem Innen-Rundfräswerkzeug

**IPC:** B 23 C, B 23 Q

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. März 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely of the President of the German Patent and Trade Mark Office.

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

Spannstock (6, 6') gelagert ist.

7. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem einen Führungssystem (20) im Bereich neben dem Kreuzschlitten (3, 3') wenigstens eine Lünette (40) gelagert ist.
8. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungssysteme (10, 20) wenigstens zwei parallel zueinander liegende Führungsschienen (11, 12; 21, 22) aufweisen.
9. Maschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Kreuzschlitten (3, 3') mit wenigstens zwei Führungsschuhen (13 bis 16; 13' bis 16') auf den Führungsschienen (11, 12) geführt ist.
10. Maschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Kreuzschlitten (3, 3') mit jeweils zwei mit Abstand voneinander liegenden Führungsschuhen (13 bis 16, 13' bis 16') auf den Führungsschienen (11, 12) geführt ist.
11. Maschine nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Spannstock (6, 6') mit wenigstens einem Führungsschuh (23 bis 26) auf den Führungsschienen (21, 22) geführt ist.
12. Maschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Spannstock (6, 6') mit jeweils zwei mit Abstand voneinander liegenden Führungsschuhen (23 bis 26) auf den Führungsschienen (21, 22) geführt ist.

13. Maschine nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Lünette (40) mit wenigstens einem Führungsschuh (27, 28) auf den Führungsschienen (21, 22) geführt ist.
14. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Führungssystem (10) zwei Kreuzschlitten (3, 3') gelagert sind.
15. Maschine nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Kreuzschlitten (3, 3') längs des Führungssystems (10) unabhängig voneinander verschiebbar sind.
16. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein Vorschubantrieb (18, 18') des Kreuzschlittens (3, 3') ein Kugelgewindetrieb ist.
17. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein Vorschubantrieb des Kreuzschlittens (3, 3') ein Linearmotorantrieb ist.
18. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Vorschubantrieb des Spannstockes (6, 6') ein Kugelgewindetrieb ist.
19. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Vorschubantrieb des Spannstockes (6, 6') ein hydraulischer Antrieb ist.
20. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Spannstöcke (6, 6') vorgesehen sind, von denen einer fest auf einem Maschinengestell

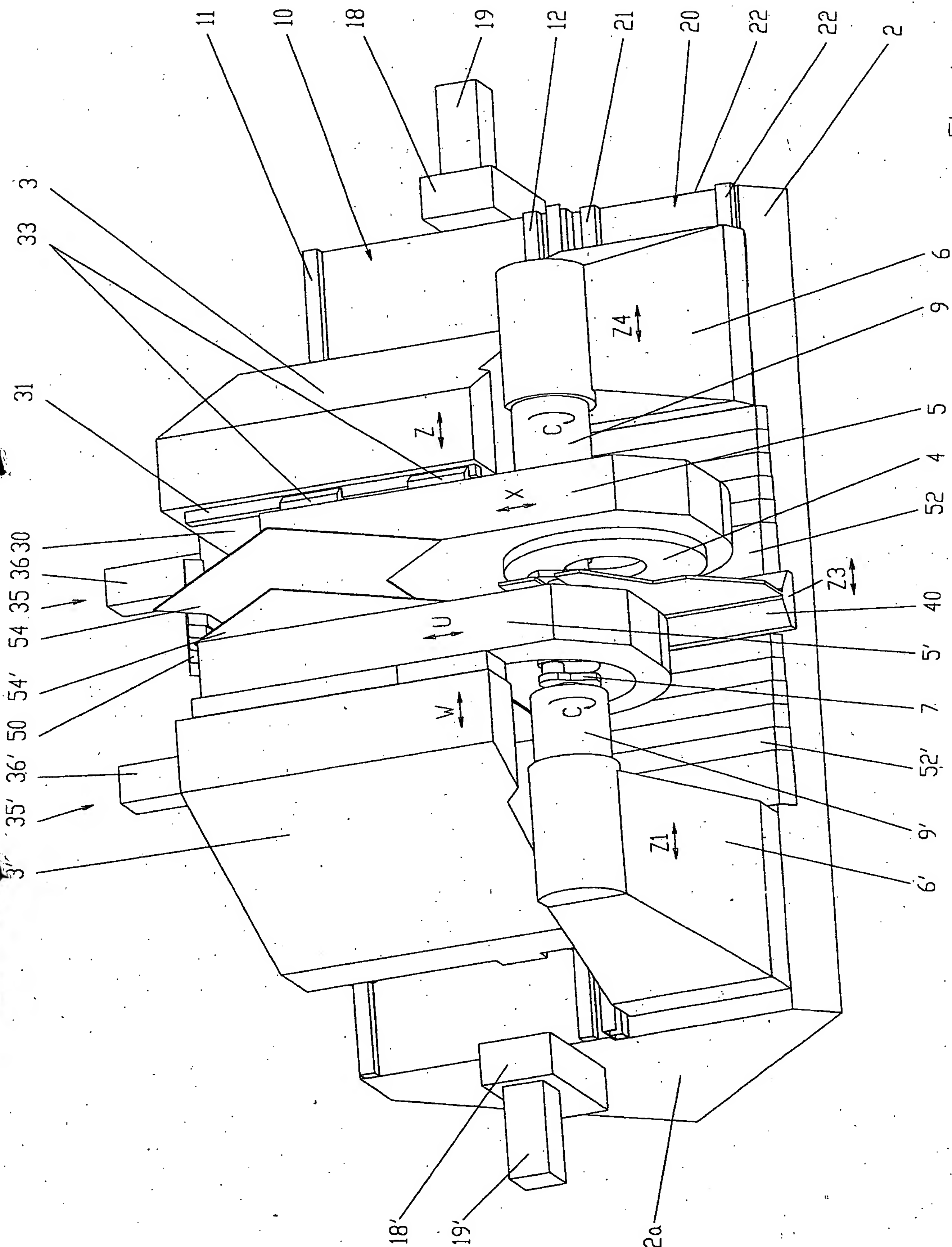
(2) befestigt ist.

21. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Spannstöcke (6, 6') auf dem einen Führungssystem (20) gelagert sind.
22. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Spannstöcke (6, 6') auf dem Maschinengestell (2) befestigt sind.
23. Maschine nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Spannstöcke (6, 6') unabhängig voneinander antreibbar sind.
24. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Spannstock (6, 6') ein Spannfutter (9, 9') aufweist.
25. Maschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Spannfutter (9, 9') um eine C-Achse antreibbar ist.
26. Maschine nach einem der Ansprüche 14 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Kreuzschlitten (3, 3') ein Führungssystem (30, 30') für jeweils einen Schlittenteil (5, 5') aufweist.
27. Maschine nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungssysteme (30, 30') für die Schlittenteile (5, 5') an einander zugewandten Seiten der Kreuzschlitten (3, 3') vorgesehen sind.

28. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß das Schlittenteil (5, 5') in Richtung auf den Spannstock (6, 6') in seiner Verschieberichtung über den Kreuzschlitten (3, 3') ragt.
29. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß das Schlittenteil (5, 5') am überstehenden Ende das Fräswerkzeug (4, 4') trägt.
30. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb des Fräswerkzeuges (4, 4') ein Direktantrieb ist.
31. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsschienen (11, 12; 21, 22) der Führungssysteme (10, 20) zumindest teilweise unter einer Abdeckung (50, 52, 52', 54, 54') liegen.
32. Maschine nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckung (50, 52, 52', 54, 54') eine Teleskopabdeckung ist.
33. Maschine nach Anspruch 31 oder 32, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb der Abdeckung (50, 52, 52', 54, 54') Energiezuführungen zum Kreuzschlitten (3, 3') und/oder zum Spannstock (5, 5') und/oder zur Lünette (40) verlaufen.
34. Maschine nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiezuführungen zwischen den Führungsschienen (11, 12; 21, 22) der Führungssysteme (10, 20) verlaufen.

35. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 34,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Maschinengestell (2) in  
Schrägbettbauweise ausgebildet ist.
36. Maschine nach Anspruch 35,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Führungssysteme (10, 20) auf  
der Schrägseite (1) des Maschinengestelles (2) angeordnet  
sind.

Fig. 1





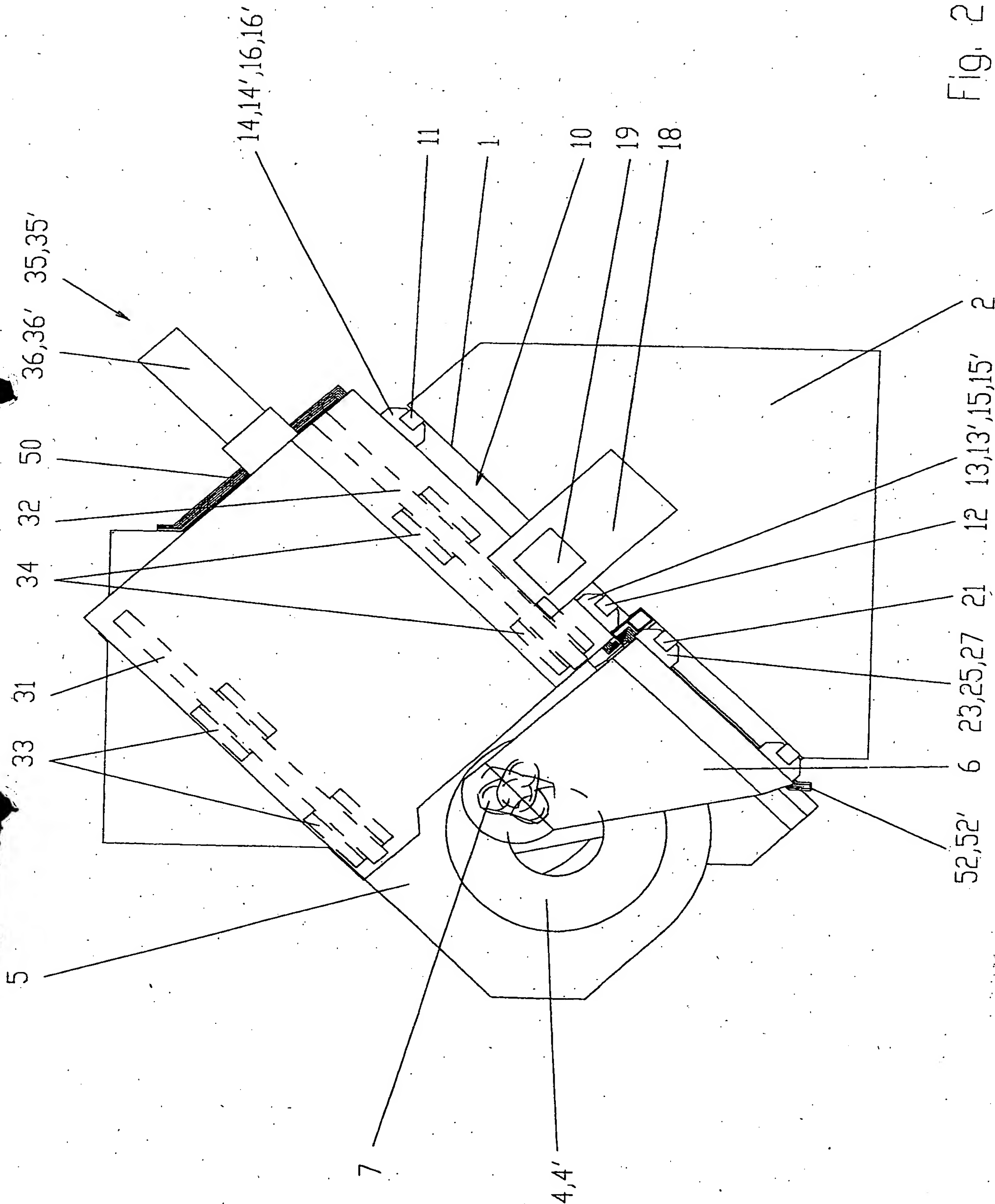


Fig. 2

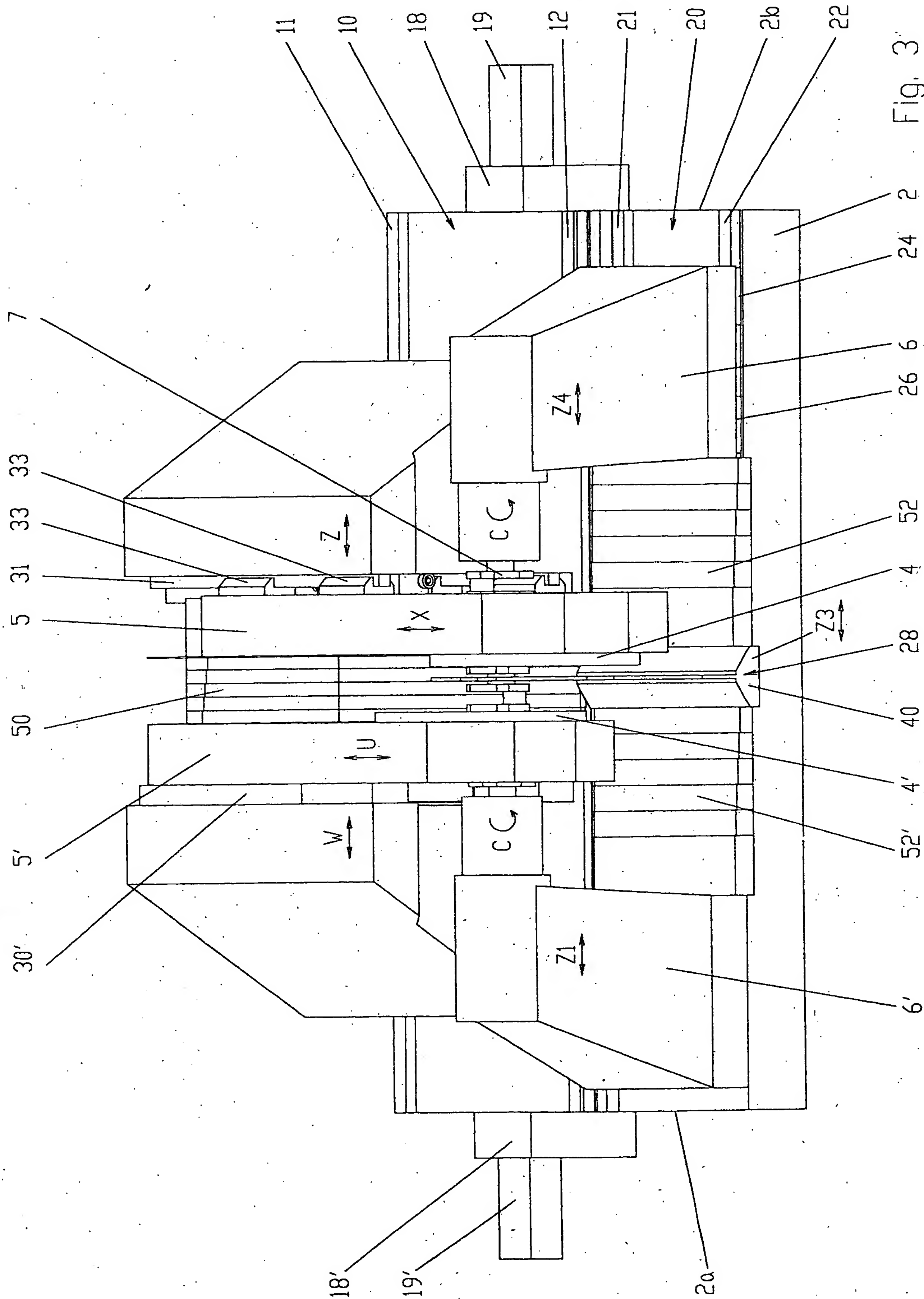
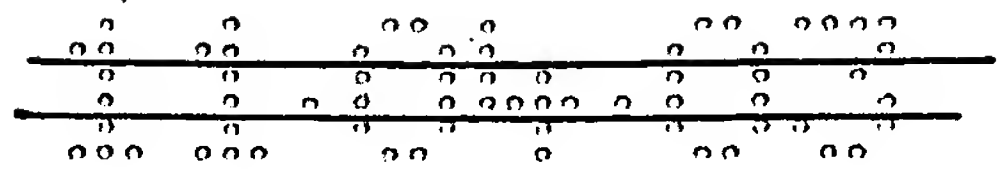


Fig. 3



Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH  
Neuffener Str. 54

P 7103.4-kr

72622 Nürtingen

10. April 2003

### Zusammenfassung

1. Maschine zur Bearbeitung von Werkstücken, insbesondere von Kurbel- und Nockenwellen, mit mindestens einem Innen-Rundfräswerkzeug
- 2.1 Zur Bearbeitung von Kurbelwellen sind Innen-Rundfräsmaschinen bekannt, bei denen die Kurbelwelle mit ihren Enden in Spannstöcken gespannt wird. Die kreiszylindrische Form der Hub- und Hauptlager wird durch kreisförmige Orbitalbewegung des Innenfräasers erreicht. Die Fräseinheit ist in Richtung der Werkstückachse unbeweglich.
- 2.2 Damit die Werkstücke mit hoher Bearbeitungsgenauigkeit bei kompaktem Aufbau einwandfrei bearbeitet werden können, wird das Werkzeug an einem Schlittenteil eines Kreuzschlittens gehalten. Er ist längs zu einem Führungssystem und das Schlittenteil quer zum Führungssystem bewegbar.
- 2.3 Mit der Werkzeugmaschine werden insbesondere Kurbel- und Nockenwellen durch Innen-Rundfräsen bearbeitet.

Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH  
Neuffener Str. 54

P 7103.4-kr

72622 Nürtingen

Patentanwälte  
A. K. Jackisch-Kohl u. K. H. Kohl  
Stuttgarter Str. 115 - 70469 Stuttgart

**Maschine zur Bearbeitung von Werkstücken,**  
**insbesondere von Kurbel- und Nockenwellen,**  
**mit mindestens einem Innen-Rundfräswerkzeug**

Die Erfindung betrifft eine Maschine zur Bearbeitung von Werkstücken, insbesondere von Kurbel- und Nockenwellen, mit mindestens einem Innen-Rundfräswerkzeug nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Die Bearbeitung von Kurbelwellen stellt hohe Anforderungen an die Bearbeitungsmaschinen, an die Werkzeuge und Schneidstoffe sowie an die Bearbeitungsverfahren. Die Kurbelwellen sind aufgrund ihrer Länge und ihrer komplizierten Form sehr labil. Dabei müssen die verschiedenen Flächen der Kurbelwelle mit einer hohen Genauigkeit bearbeitet werden. Die beim Fräsen auftretenden Bearbeitungskräfte verformen das Werkstück, wodurch Maßungenauigkeiten entstehen.

Die Bearbeitung von Kurbelwellen erfolgt beispielsweise auf Innen-Rundfräsmaschinen. Bearbeitet werden die auf der Werkstückachse liegenden kreiszylindrischen Hauptlager, gegebenenfalls mit den angrenzenden Wangenflächen, sowie die zur Werkstückachse exzentrisch liegenden kreiszylindrischen Hublager.

Aus der US 4 171 654 ist eine Innen-Rundfräsmaschine bekannt, bei der eine Kurbelwelle an beiden Enden jeweils in Spannstöcken mit drehfesten Spannfuttern gespannt wird. Die kreiszylindrische Form der Hub- und Hauptlager wird durch eine kreisförmige Orbitalbewe-

gung des Innenfräasers erreicht, was durch Achsinterpolation einer horizontalen und einer vertikalen Achse des Fräskopfes erreicht wird. Die Fräseinheit ist in Richtung der Werkstückachse nicht beweglich. Zur Bearbeitung der einzelnen Lagerstellen werden die Spannstöcke längs Führungsbahnen in die entsprechende axiale Position verfahren. Die gleichzeitige Bearbeitung mehrerer Lagerstellen ist bei diesem Maschinenkonzept aufgrund der nur einer Fräseinheit nicht möglich. Das Maschinenkonzept mit in Z-Richtung feststehenden Fräsköpfen ermöglicht nicht die gleichzeitige Bearbeitung von zwei Lagerstellen, weil es hierzu notwendig wäre, den axialen Abstand der Fräsköpfe zu verändern.

Aus der US 4 305 689 ist eine Innen-Rundfräsmaschine bekannt, die längs eines Führungssystems in Richtung der Werkstückachse verschiebbare Spannstöcke mit Spannfuttern aufweist. Die Enden der Kurbelwellen werden in Spannfuttern eingespannt. Sie sind um eine numerisch gesteuerte Spannfutterachse drehbeweglich. Der den Innenfräser aufnehmende Fräskopf ist zwischen den Spannstöcken vorgesehen und längs derselben Führungsbahn, auf der auch die Spannstöcke geführt sind, in Richtung der Werkstückachse verschiebbar. Der Innenfräser ist im Fräskopf zusätzlich entlang einer vertikal angeordneten Achse beweglich. Die Erzeugung der kreiszylindrischen Form der Hub- und Hauptlager erfolgt durch eine rotatorische Bewegung des Werkstückes (C-Achse) und gleichzeitiger Bewegung des Innenfräasers längs seiner vertikalen Achse durch Achsinterpolation. Bedingt durch den geringen Bauraum zwischen den Spannstöcken muß die Führungsbasis der Fräseinheit in Führungsrichtung kurz gehalten werden. Seine Verdreh- und Kippsteifigkeit wird dadurch erheblich verringert, was sich negativ auf die Bearbeitungsgenauigkeit, die Zerspanleistung, die Werkzeugstandzeit und die Oberflächengüte auswirkt. Ebenso wird die Auskraglänge des Spannstockes aufgrund des begrenzten Bauraumes sehr groß, was zu weiteren Reduzierungen bei der Steifigkeit führt. Bei derartigen

Maschinenkonzepten gestaltet sich auch die Anbringung von Führungsbahnabdeckungen schwierig. Sie müßten zwischen den beiden Fräseinheiten und jeweils zwischen den Fräseinheiten und den Spannstöcken vorgesehen werden. Die Abstände zwischen diesen Baugruppen betragen, abhängig von der axialen Bearbeitungsstellung, im Extremfall nur wenige Millimeter, so daß eine Führungsbahnabdeckung konstruktiv nicht eingebaut werden kann. Die Situation wird noch ungünstiger, wenn zusätzlich eine Lünette eingesetzt wird, die ebenfalls auf der einen Führungsbahn geführt wird. Gerade bei der Großserienfertigung von Kurbelwellen ist aber eine Führungsbahnabdeckung äußerst wichtig. Ein Fehlen dieses Bauelementes führt zu Maschinenstörungen und somit zu teuren Maschinenstillständen. Außerdem bewirken die herabfallenden Späne bei fehlender Führungsbahnabdeckung eine Erwärmung der Führungsbahnen und als Folge hiervon Maßungenauigkeiten. Für eine Präzisionsbearbeitung eignet sich dieses Maschinenkonzept somit nicht. Bei fehlender Führungsbahnabdeckung können wälzgelagerte Linearführungen nicht eingesetzt werden, weil sie sehr empfindlich sind gegen Schmutzpartikel oder Späne. Dringen die Partikel in die Führungsschuhe ein, führt dies in sehr kurzer Zeit zu starkem Verschleiß bis hin zu vollständiger Zerstörung.

Aus der WO 96/40462 ist eine Innen-Rundfräsmaschine bekannt, bei der eine Kurbelwelle an beiden Enden jeweils in Spannstöcken mit drehfesten Spannfuttern gespannt wird. Zusätzlich ist eine Abstützung der Kurbelwelle mittels einer Lünette vorgesehen. Die Erzeugung der kreiszylindrischen Form der Hub- und Hauptlager erfolgt durch eine Orbitalbewegung des Fräskopfes. Sie wird durch Anlenkung der um zwei Schwenkpunkte drehbar gelagerten Fräseinheit mittels zweier in unterschiedlichen Richtungen wirkenden Linear-Aktuatoren erzeugt. Die erforderliche Achsinterpolation unterliegt einem komplizierten Bewegungsgesetz. Der konstruktiv bedingte große Überhang des Innen-Rundfräasers sowie die Lagerung über zwei



Drehpunkte erfordert zur Erzielung einer ausreichenden Massensteifigkeit eine massive, schwere Konstruktion. Zur Erzielung einer ausreichenden Maschinendynamik sind große Linear-Aktuatoren erforderlich, was wiederum eine große Maschinengrundfläche zur Folge hat. Die beiden Schwenkpunkte reduzieren die Steifigkeit des Fräskopfes, so daß eine Präzisionsbearbeitung nicht möglich ist. Für die Orbitalbewegung der Fräswerkzeuge wird zum Führungssystem hin ausreichend Platz benötigt, wodurch die Spitzenhöhe der Spannfutter relativ groß wird. Dadurch verringert sich bei diesem Maschinenkonzept die Steifigkeit der Spannstöcke enorm. Außerdem ist das Anbringen von Führungsbahnabdeckungen bei dieser Maschine wegen der Orbitalbewegung der Fräsköpfe sowie der Schwenkpunkte der Fräskopfaufhängung nur mit großem Aufwand realisierbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäße Maschine so auszubilden, daß die Werkstücke mit hoher Bearbeitungsgenauigkeit und bei kompaktem Aufbau einwandfrei bearbeitet werden können.

Diese Aufgabe wird bei der gattungsgemäßen Maschinen erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 gelöst.

Bei der erfindungsgemäßen Maschine ist das Werkzeug am Schlittenteil des Kreuzschlittens gehalten. Er wird längs des zugehörigen Führungssystems bewegt, während das Schlittenteil mit dem Werkzeug quer zu diesem Führungssystem bewegbar ist. Vorteilhaft hat die erfindungsgemäße Maschine zwei Spannstöcke und gegebenenfalls Lünetten. Für die Werkzeugseite sowie die Werkstückseite sind die beiden parallelen Führungssysteme vorgesehen, die sich in Z-Richtung erstrecken. Das eine Führungssystem ist für den Kreuzschlitten mit dem Schlittenteil vorgesehen, während das andere Führungssystem den Spannstöcken sowie gegebenenfalls der Lünette

zugeordnet ist. Das Werkzeug kann mit dem Schlittenteil quer zur Werkstückachse verfahren werden. Die zu bearbeitenden Werkstücke, insbesondere die Kurbel- und Nockenwellen, sind in Spannfuttern drehbeweglich (C-Achse) eingespannt. Die Erzeugung der kreiszylindrischen Lagerstellen erfolgt durch Achsinterpolation zwischen dem Schlittenteil und der C-Achse. Durch die separaten Führungssysteme für den Kreuzschlitten und die Spannstöcke/Lünetten kann die Führungsbasis jeder einzelnen Baugruppe ausreichend groß dimensioniert werden, wodurch sich eine hohe Verdreh- und Biegesteifigkeit ergibt. Aufgrund der separaten Führungssysteme können die Spannstöcke bei der erfindungsgemäßen Maschine mit geringer Spannfutterrauskragung gebaut werden, so daß das Werkstück mit sehr hoher Steifigkeit eingespannt werden kann. Diese Ausbildung am Kreuzschlitten und an den Spannstöcken/Lünette führt zu einer hohen Bearbeitungsgenauigkeit. Außerdem wird die Schwingungs- und Ratterneigung verringert. Dadurch ergeben sich Vorteile, wie höhere Bearbeitungsgenauigkeit, hohe Prozeßsicherheit, hohe Werkzeugstandzeit und hohe Zerspanleistung und dergleichen.

Aufgrund der separaten Führungssysteme ist es vorteilhaft möglich, Führungsbahnabdeckungen anzubringen, die zuverlässig das Eindringen von Spänen verhindern und dennoch konstruktiv einfach ausgeführt sind. Der Verschleiß von Führungsbahnabstreifern wird stark reduziert und die Führungsbahnen selbst sind nicht mehr den mit hoher Geschwindigkeit auftreffenden Spänen ausgesetzt. Dadurch wird die Zuverlässigkeit und damit die Maschinenverfügbarkeit erhöht. Außerdem wird die Temperaturkonstanz gesteigert, weil die Späne nicht mehr die Führungsbahnen erwärmen können. Bei einer Großserienfertigung wird in der Folge eine hohe Prozeßfähigkeit erreicht. Aufgrund der Führungsbahnabdeckungen können nunmehr wälzgelagerte Führungssysteme eingesetzt werden. Die Wälzlagerungen sind gegenüber Gleitführungen empfindlich gegen das Eindringen von Partikeln, wie Spänen, weisen aber eine Reihe von Vor-



teilen auf. Sie sind einfach und schnell zu montieren, haben einen geringen Gleitwiderstand und ermöglichen hohe Eilganggeschwindigkeiten bei geringer Erwärmung. Im Vergleich zu Gleitführungen tritt kein Stick-Slip-Effekt auf. Die Genauigkeit ist durch die Lagervorspannung sehr hoch. Außerdem wird infolge der Anordnung der Fräseinheit auf einem separaten Führungssystem die Zugänglichkeit in den Arbeitsraum der Maschine wesentlich verbessert.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Die Erfindung wird anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 in perspektivischer Darstellung schräg von oben eine erfindungsgemäße Werkzeugmaschine zum Innen-Rundfräsen von Werkstücken,

Fig. 2 eine Ansicht in Richtung des Pfeiles II in Fig. 1,

Fig. 3 die erfindungsgemäße Werkzeugmaschine von vorn.

Die Werkzeugmaschine zum Innen-Rundfräsen von Werkstücken hat ein Maschinengestell 2, das mit einer geneigten Auflageseite 1 (Fig. 2) versehen ist. Auf dem Maschinengestell 2 sind zwei Kreuzschlitten 3, 3' verschiebbar gelagert. Sie liegen mit Abstand einander auf gleicher Höhe gegenüber. Die beiden Kreuzschlitten 3, 3' tragen jeweils eine Fräseinheit 5, 5'. Im Bereich neben den Kreuzschlitten 3, 3' sind auf dem Maschinengestell 2 zwei Spannstöcke 6, 6' zum Einspannen des zu bearbeitenden Werkstückes 7 sowie eine Lünette 40 vorgesehen, die sich im Bereich zwischen den Spannstöcken 6, 6' befindet und mit der in bekannter Weise das Werkstück 7 bei der Bearbeitung abgestützt wird. Das Maschinengestell 2 ist in Schrägbettbauweise

ausgebildet und kann als Stahl-, Guß- oder auch als Betonkonstruktion ausgeführt werden. Auf der Schrägseite 1 ist im oberen Bereich ein Führungssystem 10 vorgesehen, das als Gleitführung, vorzugsweise aber als Wälzlagerführung ausgebildet ist. Das Führungssystem 10 hat zwei parallel zueinander liegende Führungsschienen 11, 12, die auf der Schrägseite 1 befestigt und auf denen Führungsschuhe 13 bis 16, 13' bis 16' gelagert sind. Die Führungsschuhe sind an den Kreuzschlitten 3, 3' befestigt, die über die Führungsschuhe auf den beiden Führungsschienen 11, 12 verschiebbar gelagert sind. Jeder Kreuzschlitten 3, 3' ist mit jeweils zwei mit Abstand hintereinander liegenden Führungsschuhen 14, 16; 13, 15; 14', 16'; 13', 15' auf den Führungsschienen 11, 12 gelagert. Dadurch werden die Kreuzschlitten 3, 3' zuverlässig auf den Führungsschienen 11, 12 abgestützt. Die Führungsschuhe 13 bis 16, 13' bis 16' sind in bekannter Weise ausgebildet.

Die Kreuzschlitten 3, 3' tragen die Fräseinheiten 5, 5', die quer zur Verfahrriichtung der Kreuzschlitten 3, 3' an diesen verschiebbar gelagert sind. Die Kreuzschlitten 3, 3' sind in W-Richtung bzw. Z-Richtung längs der Führungsschienen 11, 12 getrennt voneinander verfahrbar. Da die beiden Kreuzschlitten 3, 3' über jeweils vier Führungsschuhe 13 bis 16, 13' bis 16' in Verschieberichtung W bzw. Z sowie quer hierzu mit großem Abstand voneinander an der Unterseite versehen sind, wird eine Führungsbasis geschaffen, die sehr biege- und torsionssteif ist. Dadurch sind die Voraussetzungen zu einer präzisen Bearbeitung des Werkstückes 7 geschaffen. Zur Erhöhung der Steifigkeit können weitere Führungsschuhe in der Unterseite der Kreuzschlitten 3, 3' vorgesehen sein. So kann beispielsweise jeder Kreuzschlitten 3, 3' sechs Führungsschuhe aufweisen.

Zum Antrieb der Kreuzschlitten 3, 3' in W- und in Z-Richtung sind Antriebe 18, 18' vorgesehen, die an den voneinander abgewandten Stirnseiten 2a, 2b des Maschinengestelles 2 vorgesehen sind. Die

Antriebe 18, 18' haben Antriebsmotoren 19, 19'. Die Kraftübertragung erfolgt in bekannter Weise über (nicht dargestellte) Kugelgewindetriebe.

Als Antriebe für die Kreuzschlitten 3, 3' in W- und in Z-Richtung können auch Linearmotoren eingesetzt werden.

Die Kreuzschlitten 3, 3' sind an ihren einander zugewandten Seiten mit jeweils einem Führungssystem 30, 30' versehen, mit dem die Fräseinheiten 5, 5' quer zur W- bzw. Z-Richtung an den Kreuzschlitten 3, 3' verfahrbar angeordnet sind. Die Führungssysteme 30, 30' haben jeweils zwei parallel zueinander liegende Führungsschienen 31, 32; 31', 32', die mit Abstand übereinander liegen und entsprechend der Auflageseite 1 des Maschinengestelles 2 schräg verlaufen (Fig. 2). Auf den Führungsschienen 31, 32; 31', 32' sitzen die Fräseinheiten 5, 5' mit jeweils zwei Führungsschuhen 33, 34; 33', 34'. Wie Fig. 2 zeigt, liegen die jeder Führungsschiene 31, 32; 31', 32' zugeordneten Führungsschuhe mit Abstand voneinander.

Zum Antrieb der Fräseinheiten 5, 5' sind Antriebe 35, 35' mit Antriebsmotoren 36, 36' vorgesehen. Die Antriebe mit den Antriebsmotoren sind an der von den Spannstöcken 6, 6' abgewandten Seite der Kreuzschlitten 3, 3' vorgesehen (Fig. 1 und 3). Die Antriebsverbindung zu den Fräseinheiten 5, 5' erfolgt in bekannter Weise über (nicht dargestellte) Kugelgewindetriebe. Alternativ können auch Vorschubantriebe mit Linearmotoren eingesetzt werden. Solche Linearmotoren haben im Vergleich zu Antrieben mit Kugelgewindetrieben eine höhere Dynamik und sind verschleißfrei. Die höhere Dynamik ermöglicht insbesondere schnelle In-Prozeß-Maßkorrekturen, bei denen Maßabweichungen, die während der Bearbeitung des Werkstückes 7 gemessen werden, entsprechende Korrekturbewegungen der Vorschubachsen X bzw. U oder C bewirken. Die Fräseinheiten 5, 5'

können mittels der Antriebe 35, 35' längs der Führungsschienen 31, 32; 31', 32' in U- sowie in X-Richtung (Fig. 1) verschoben werden.

An dem den Spannstöcken 6, 6' zugewandten Ende der Fräseinheiten 5, 5' befinden sich Innen-Rundfräswerkzeuge 4, 4'. Sie werden in herkömmlicher Weise über extern angebrachte Motoren und Getriebe drehbar angetrieben. Anstelle eines solchen Antriebes kann auch ein Direktantrieb für die Werkzeuge 4, 4' eingesetzt werden, zum Beispiel ein Hohlwellenmotor oder ein Torquemotor. Ein derartiger Antrieb benötigt nur geringen Bauraum, weil der bei konventionellen Antrieben erforderliche externe Motor und das Getriebe entfallen. Die Direktantriebe weisen darüber hinaus eine hohe Dynamik auf, weshalb die hochdynamische Schwingungsanregung bei der Zerspanung des Werkstückes 7 direkt an der Krafteinleitungsstelle ausgeregelt werden kann. Mit hoher Genauigkeit kann durch Messung der abgegebenen Motorleistung der Verschleißzustand der Schneidkanten der Werkzeuge 4, 4' ermittelt werden. Die Messung des Motorstromes wird dabei im Gegensatz zu herkömmlichen Antrieben nicht durch Verlustleistungen eines Getriebes verfälscht. Durch die Messung der Zerspanleistung über den Motorstrom kann auch eine Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit und/oder der Schnittgeschwindigkeit im Sinne einer adaptiven Regelung erfolgen, so daß die Zerspanung immer unter optimalen Schnittbedingungen abläuft. Insbesondere die Schnittgeschwindigkeit kann mit Hilfe des Direktantriebes aufgrund des geringen Massenträgheitsmomentes während der Bearbeitung sehr schnell geändert werden. So ist beispielsweise eine Verdoppelung der Schnittgeschwindigkeit innerhalb von 0,5 s möglich. Der Lauf des Fräswerkzeuges 4, 4' erfolgt aufgrund des fehlenden Getriebes bei Direktantrieben sehr schwingungsarm, wodurch eine hohe Oberflächenqualität erzielt und die Standzeit der Werkzeuge verbessert werden kann. Die Fräswerkzeuge 4, 4' werden drehbar angetrieben.

H

Durch die hohe Steifigkeit des Kreuzschlittens 3, 3' sowie der Fräseinheiten 5, 5' ist es möglich, Satzfräser einzusetzen. Mit diesen Werkzeugen werden mehrere Lagerstellen von Kurbel- oder Nockenwellen oder Nocken von Nockenwellen mit einer Fräseinheit gleichzeitig bearbeitet.

Das Führungssystem 10 für die Kreuzschlitten 3, 3' befindet sich im oberen Bereich der Schrägseite 1 des Maschinengestelles 2. Im unteren Bereich der Schrägseite 1 des Maschinengestelles 2 befindet sich ein weiteres Führungssystem 20, das zwei parallel zueinander liegende Führungsschienen 21, 22 aufweist, die parallel zu den Führungsschienen 11, 12 des Führungssystems 10 liegen. Im Unterschied zum Führungssystem 10, dessen Führungsschienen 11, 12 sich über die ganze Länge des Maschinengestelles 2 erstrecken, verlaufen die Führungsschienen 21, 22 des Führungssystems 20 nur über einen Teil der Länge des Maschinengestelles 2. Dadurch ist im Ausführungsbeispiel lediglich der Spannstock 6 längs des Führungssystems 20 in Richtung der Z4-Achse verschiebbar. Der gegenüberliegende Spannstock 6' ist in diesem Fall ortsfest auf dem Maschinengestell 2 angeordnet. Dementsprechend kann dieser Spannstock 6' in Richtung der Z1-Achse nicht bewegt werden. Es ist selbstverständlich möglich, nur den Spannstock 6' verschiebbar auszubilden und dafür den Spannstock 6 auf dem Maschinengestell 2 zu befestigen. In diesem Falle ist das Führungssystem 20 im Bereich des Spannstockes 6' vorgesehen.

Schließlich ist es möglich, auch das Führungssystem 20 über die gesamte Länge des Maschinengestelles 2 vorzusehen. In diesem Falle können beide Spannstöcke 6, 6' in Richtung ihrer jeweiligen Z1- bzw. Z4-Achse auf dem Maschinengestell 2 verstellt werden.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel, bei dem lediglich der Spannstock 6 verschiebbar ist, sind an der Unterseite des Spannstockes 6



vier Führungsschuhe 23 bis 26 befestigt, mit denen der Spannstock 6 auf den Führungsschienen 21, 22 sitzt. Auf jeder Führungsschiene 21, 22 ist der Spannstock 6 mit jeweils zwei mit Abstand voneinander liegenden Führungsschuhen 23, 25; 24, 26 gelagert. Der Antrieb des Spannstockes 6 in Z4-Richtung erfolgt über einen (nicht dargestellten) Kugelgewindetrieb oder durch einen hydraulischen Antrieb. Der Spannstock 6 kann auch so ausgebildet sein, daß er von der Lünette 40 mitgeschleppt wird. Sie ist auf den beiden Führungsschienen 21, 22 mit jeweils einem Führungsschuh 27, 28 gelagert. Der Antrieb der Lünette 40 erfolgt in diesem Fall ebenfalls vorteilhaft mit einem (nicht dargestellten) Kugelgewindetrieb. Wird der Spannstock 6 von der Lünette 40 mitgeschleppt, ist der Spannstock 6 mit Klemmschuhen versehen, die bei Erreichen einer Soll-Position durch Klemmwirkung auf die Führungsschienen 21, 22 selbst während der Bearbeitung des Werkstückes 7 eine sichere Arretierung gewährleisten.

Aufgabe der Lünette 40 ist es, die Werkstückachse während der Bearbeitung in ihrer Soll-Position zu halten. Durch Bearbeitungskräfte und/oder durch das Freiwerden von Eigenspannungen würde eine Verlagerung der Werkstückachse erfolgen, wenn keine Lünette eingesetzt wird. Zwei Einsatzfälle können unterschieden werden:

- Lünetten, die das Werkstück auf bereits bearbeiteten Flächen abstützen, benötigen keine Ausgleichselemente.
- Lünetten, die das Werkstück auf einer Rohkontur abstützen, benötigen Ausgleichselemente, d.h. die Stützelemente sind so beweglich angeordnet, daß sie unregelmäßigen Werkstückkonturen ausweichen können.

Da die vier Führungsschuhe 23 bis 26 an der Unterseite des Spannstockes 6 mit großem Abstand in Verschieberichtung (Z4-Achse) und quer hierzu angeordnet sind, weist er eine stabile Führungsbasis mit

einer hohen Biege- und Torsionssteifigkeit auf. Dadurch ist eine optimale Präzisionsbearbeitung des Werkstückes 7 möglich.

Die beiden Spannstöcke 6, 6' sind an ihren einander zugewandten Seiten jeweils mit einem Spannfutter 9, 9' versehen, mit denen das Werkstück 7 während der Bearbeitung eingespannt wird. Die Spannfutter 9, 9' sind drehbar und bilden die numerisch gesteuerte Achse C.

Das Werkstück 7, beispielsweise eine Kurbel- oder eine Nockenwelle, wird an seinen beiden Enden in den Spannfuttern 9, 9' fest eingespannt. Die Bearbeitung der kreiszylindrischen Lagerstellen des Werkstückes 7 mittels der Innen-Rundfräser 4, 4' erfolgt durch eine Achsinterpolation der linearen Achsen X bzw. U (Fig. 1) mit der Achse C.

Da die Kreuzschlitten 3, 3' auf separaten Führungsbahnen geführt werden, kann der Überstand der Spannstöcke 6, 6' gering gehalten werden. Dadurch erhalten die Spannstöcke 6, 6' eine hohe Steifigkeit.

Die Lünette 40 wird vorteilhaft dann eingesetzt, wenn das zu bearbeitende Werkstück lang und damit labil ist. Die Lünette 40 kann längs des Führungssystems 20 mittels ihrer beiden Führungsschuhe 27, 28 durch einen (nicht dargestellten) Kurbelgewindetrieb in die erforderliche Lage verschoben werden. Zur Erhöhung der Steifigkeit der Lünette 40 können weitere Führungsschuhe eingesetzt werden. So kann die Lünette 40 beispielsweise mit drei oder vier Führungsschuhen auf den Führungsschienen 21, 22 abgestützt sein. Bei besonders langen oder labilen Werkstücken 7 können weitere Lünetten vorgesehen sein. Sie können baugleich mit der Lünette 40 ausgebildet sein. Infolge des ausreichenden Platzes zwischen den Kreuzschlitten 3, 3'

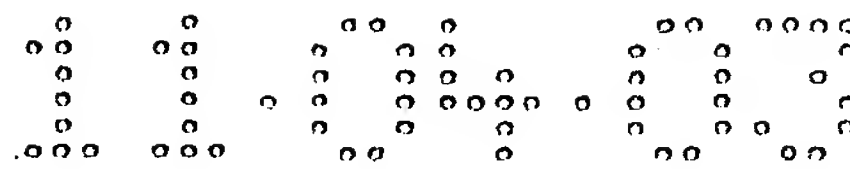
ist es auch möglich, Werkstückabstützungen einzusetzen, die mit den Kreuzschlitten 3, 3' fest verbunden sind.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Führungssysteme 10, 30 als Wälzlagerführung und das Führungssystem 20 als Gleitführung ausgebildet sind. Aufgrund der geringen Bewegungshäufigkeit der Spannstöcke 6, 6' und der Lünette 40 entsteht auch bei Verwendung von Gleitführungen nur eine geringe Reibungswärme. Selbstverständlich sind alle Kombinationen von Wälz- oder Gleitlagerführungen an den Führungssystemen 10, 20, 30 möglich. Bei Gleitführungen sind insbesondere die Materialpaarungen Stahl/Guß, Stahl/Kunststoff oder Guß/Kunststoff geeignet, um hohe Genauigkeiten, hohe Lebensdauern und geringe Stick-Slip-Effekte zu erzielen. Diese Führungen basieren auf dem hydrodynamischen Prinzip. Eine weitere vorteilhafte Ausbildung der Gleitlager stellt die Verwendung hydrostatischer Lagerungen dar. Besonders vorteilhaft ist dabei die geringe Reibung sowie kein Auftreten des Stick-Slip-Effektes.

Zum Schutz der Führungssysteme 10, 20, 30 vor Eindringen von Spänen und Kühlschmierstoffen sind Führungsbahnabdeckungen 50, 52, 52', 54, 54' vorgesehen. Da zwischen den auf den Führungssystemen 10, 20, 30 aufgesetzten Baugruppen ausreichend Platz vorhanden ist, können die Abdeckungen vorteilhaft als Teleskopabdeckungen ausgebildet sein. Infolge der Abdeckungen 50, 52, 52', 54, 54' ist es möglich, Energiezuführungen zu den Baugruppen auf einfache Weise zwischen den Führungsschienen 11, 12; 21, 22 und unterhalb der Abdeckungen vorzusehen. Auf diese Weise kann die Lünette 40 mit Elektrizität, Hydraulik, Pneumatik und dergleichen ohne Einbringung von Hohlräumen in das Maschinengestell 2 versorgt werden. Der Querschnitt des Maschinengestelles 2 muß dann nicht geschwächt werden, was sich vorteilhaft auf die Steifigkeit der gesamten Werkzeugmaschine auswirkt. Die Verlegung der Energiezuführung ist zudem sehr einfach möglich.



Bei der Werkzeugmaschine gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Maschinengestell 2 in Schrägbettausführung ausgebildet. Selbstverständlich kann das Maschinengestell 2 auch eine andere Form haben. So kann die Auflageseite 1 beispielsweise horizontal angeordnet sein.



Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH  
Neuffener Str. 54

P 7103.4-kr

72622 Nürtingen

10. April 2003

**Ansprüche**

1. Maschine zur Bearbeitung von Werkstücken, insbesondere von Kurbel- und Nockenwellen, mit mindestens einem Innen-Rundfräswerkzeug und mit zwei parallelen Führungssystemen, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (4, 4') an einem Schlittenteil (5, 5') eines Kreuzschlittens (3, 3') gehalten ist, der längs und das Schlittenteil (5, 5') quer zum Führungssystem (10, 20) bewegbar ist.
2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungssysteme (10, 20) Gleitführungen aufweisen.
3. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungssysteme (10, 20) Wälzlagerführungen aufweisen.
4. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Schlittenteil (5, 5') auf einem Führungssystem (30, 30') des Kreuzschlittens (3, 3') geführt ist.
5. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Schlittenteil (4, 4') eine Fräseinheit ist.
6. Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem einen Führungssystem (20) im Bereich neben dem Kreuzschlitten (3, 3') wenigstens ein